

IT-Systeme für Verkehrsunternehmen: Das Branchenmodell ITVU

Claus Dohmen
Gero Scholz

Veröffentlicht in:
Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2012
Tagungsband der MKWI 2012
Hrsg.: Dirk Christian Mattfeld; Susanne Robra-Bissantz



Braunschweig: Institut für Wirtschaftsinformatik, 2012

IT-Systeme für Verkehrsunternehmen: Das Branchenmodell ITVU

Claus Dohmen

IVU Traffic Technologies AG, 52072 Aachen E-Mail: Claus.Dohmen@ivu.de

Gero Scholz

61231 Bad Nauheim E-Mail: Gero.Scholz@gmx.de

Abstract

ITVU („IT-Systeme für Verkehrsunternehmen“) ist ein Branchenmodell (Domain-Modell) für den öffentlichen Personenverkehr mit Bahnen, Bussen, und Straßenbahnen. Modelliert werden die Kern-Geschäftsprozesse im Zusammenhang mit der Personenbeförderung, z.B. Fahrplanerstellung, Fahrgastinformation und Ticketing.

ITVU modelliert mit Mitteln der UML 2

- Die Geschäftsprozesse
- Die IT-Systemlandschaft zur Unterstützung dieser Geschäftsprozesse
- Das Klassenmodell als Architekturgrundlage von IT-Systemen und deren Vernetzung

1 Einleitung

Die Kern-Geschäftsprozesse des öffentlichen Personen-Verkehrs mit Bahnen, Bussen, Straßenbahnen umfassen die Bereiche Planung, Disposition, Betriebslenkung, Fahrgastinformation, Ticketing und Auswertung.

Gegenstand des Branchenmodells ITVU („IT-Systeme für Verkehrsunternehmen“) ist die übergreifende und integrierte Modellierung dieser Geschäftsprozesse als Grundlage für die Abbildung in IT-Systemen. Basis für den fachlichen Entwurf moderner, objektorientierter IT-Systeme sind die Strukturen des sogenannten „Klassenmodells“. Entsprechend ist das Klassenmodell der zentrale Bestandteil des ITVU-Modells.

Einige der hier modellierten Geschäftsprozesse (z.B. Fahrplanerstellung) wurden auch schon vor der Einführung von IT-Systemen in den Verkehrsunternehmen durchgeführt, andere Prozesse (z.B. Optimierung, Dynamische Fahrgastinformation, elektronisches Ticketing) wurden erst mit der Einführung von IT-Systemen realisierbar. Heute sind alle beschriebenen Prozesse in der Regel durchgehend in IT-Systemen abgebildet.

Dieser Artikel gibt einen Überblick über die Modellierung der Geschäftsprozesse und der Systemlandschaft (Abschnitt 2), sowie über das Klassenmodell (Abschnitt 3). In beiden Abschnitten werden zusätzlich exemplarisch Teile des Modells vertieft erläutert. Wir schließen mit einem kurzen Überblick über die verwendete Modellierungs-Methodik (Abschnitt 4). Die vollständige Dokumentation des sehr umfangreichen Modells (allein über 200 Klassen im Klassenmodell) geht weit über den Rahmen dieses Artikels hinaus und ist seit Herbst 2011 im Buchhandel erhältlich [13].

Das hier vorgestellte ITVU-Branchenmodell berücksichtigt Erfahrungen mit dem deutschen VDV-Modell [17] sowie den internationalen Modellen Transmodel [16] und SIRI [15]. Als objektorientiertes UML-Modell geht es methodisch über die bisherigen reinen Datenmodelle hinaus und bildet einen gemeinsamen Nenner, der sich auch auf andere Länder übertragen lässt. Des Weiteren sind die konkreten Erfahrungen der Autoren mit Softwaresysteme bei Verkehrsunternehmen, insbesondere mit den Produkten der IVU.suite eingeflossen. Das Modell abstrahiert jedoch von konkreten Implementierungen.

2 Geschäftsprozesse und Systemlandschaft

Die Kern-Geschäftsprozesse eines Verkehrsunternehmens können in die folgenden sechs **Bereiche** gegliedert werden:

Die **Planung** wird Monate und Wochen vor der eigentlichen Fahrt durchgeführt [5],[6]:

- In der Netzplanung legt man Streckenführungen fest und definiert den Verlauf von Linien. Aus der technischen Beschaffenheit der Strecken und Fahrzeuge werden Fahrzeiten ermittelt (sog. Fahrplanentwicklung); aus der Beförderungsnachfrage leitet man Taktdichten ab.
- Durch die Fahrplanerfassung und -bearbeitung entsteht der Plan mit den genauen Abfahrtszeiten, der letztlich für den Fahrgast relevant ist und den er beispielsweise in Form von Aushängen an Haltestellen lesen oder im Internet einsehen/herunterladen kann.
- Die Umlaufplanung ist von großer betrieblicher Bedeutung. Sie legt fest, wie die Fahrzeuge eingesetzt werden, um den Fahrplan möglichst effizient abzuwickeln.
- Für die Dienstplanung gilt dasselbe, nur eben für die Fahrer und andere Personale (Zugführer, Servicemitarbeiter). Dabei sind Randbedingungen zu berücksichtigen wie Dienstzeiten, Pausenregelungen, Einsatzorte etc.
- Die Optimierung von Umlauf- und Dienstplanung mittels mathematischer Methoden [1] hat zum Ziel, einen Fahrplan mit möglichst wenigen Ressourcen (Fahrzeuge, Personal) – unter Wahrung der Sozialverträglichkeit – umzusetzen.

Die **Disposition**, also die Zuordnung konkreter Fahrzeuge und Fahrer zum Fahr- und Dienstplan, beginnt typischerweise einige Wochen oder Tage vor der eigentlichen Fahrt. Sie behandelt auch kurzfristige Änderungen vor und während des Betriebsablaufs.

Mit **Betriebslenkung** meint man die Steuerung und Kontrolle der fahrenden Flotte. Die Leitzentrale hat die Übersicht über die Verkehrslage; sie kann bei Unregelmäßigkeiten (Verspätungen, Unfälle etc.) schnelle Lösungen finden oder Maßnahmen einleiten. Dazu

verfügen die Fahrzeuge über Bordcomputer mit Kommunikations- und Steuerungsfunktionen, u. a. zur Ampelbeeinflussung oder zur Kontrolle der Anzeigen im Fahrzeug.

Die **Fahrgastinformation** wendet sich direkt an die Passagiere, und zwar in Form der

- *dynamischen Fahrgastinformation* [4] zur Anzeige aktueller Abfahrtszeiten, vor allem an Haltestellen, aber auch im Web oder auf dem Handy des Fahrgasts
- *Reise- bzw. Fahrplanauskunft*, die vorzugsweise per Internet auf beliebigen Endgeräten verfügbar ist. Wegen ihrer engen Zugehörigkeit zur Planung wird sie oft auch dort zugeordnet.

Mit dem **Ticketing** erzielt das Verkehrsunternehmen einen wesentlichen Teil seiner Einnahmen. Zunächst bedarf es der Tarifgestaltung [9], damit der Ticketverkauf auf verschiedenartigen Verkaufsgeräten funktioniert – auf stationären Automaten und auf Geräten im Fahrzeug für Papiertickets sowie zunehmend elektronisch mit Chipkarten.

Die **Auswertung** stellt Plan- und Istwerte gegenüber und steht am Ende der Kette. Ihre Erkenntnisse geben Impulse zur Verbesserung der anderen Prozessschritte [7], [10]. Gleichzeitig dienen sie als Grundlage für die Überprüfung und Abrechnung der Verkehrsverträge, die zwischen dem Verkehrsbetrieb und dem Bedarfsträger bestehen.

Die dargestellte Reihenfolge dieser Geschäftsprozess-Bereiche orientiert sich grob an der zeitlichen Abfolge, wobei Betriebslenkung, Fahrgastinformation und Ticketing im Wesentlichen parallel während des eigentlichen Fahrbetriebs erfolgen.

Neben dieser *zeitlichen* Strukturierung der (Teil-)Prozesse gibt es eine natürliche *räumliche* Strukturierung. Die Handlungen in und mit den Systemen des ITVU Modells finden an verschiedenen Orten statt:

In der **Zentrale** des Verkehrsunternehmens entwickelt man den Fahrplan, betreibt das Fahrgeldmanagement und führt übergreifende Auswertungen durch.

Wichtige operative Aufgaben werden „**halbzentral**“ bearbeitet. Dies sind die Betriebsplanung von Umläufen und Diensten, die Disposition von Ressourcen, also von Fahrzeugen und Personal, die Betriebslenkung in der Leitzentrale und, damit eng verbunden, die Überwachung der dynamischen Fahrgastinformation.

Auf der **Straße (bzw. Schiene)** finden wir mobile und stationäre Systeme, für den Fahrgast besonders augenfällig die Ticketautomaten und die Anzeiger mit den aktuellen Abfahrtszeiten. Auf den Bordcomputern in den Fahrzeugen laufen Softwaresysteme für unterschiedliche Zwecke: für den Ticketverkauf, zur Information des Fahrers über seine Route und Zeitlage, zur Steuerung zahlreicher technischer Funktionen (Funkverbindung zur Leitzentrale, Ortung, Ampelsteuerung, automatische Ansagen, Anzeiger des Fahrzeugs u.a.m.).

„**Überall**“: Heutzutage findet der Fahrgast vielfältige Information über das Internet: Fahrpläne und Tarife bzw. Preise zur Reiseplanung, aktuelle Abfahrtszeiten u.v.m.

Bild 1 illustriert die wesentlichen IT-Systeme eines Verkehrsunternehmens in ihrem Zusammenspiel. In horizontaler Richtung ist dabei die (zeitliche) Gliederung in die sechs Geschäftsprozess-Bereiche wiedergegeben, in vertikaler Richtung ist die räumliche Strukturierung angedeutet. Die Vernetzung der Systeme in Form von Datenflüssen ist hier zunächst nur sehr grob skizziert.

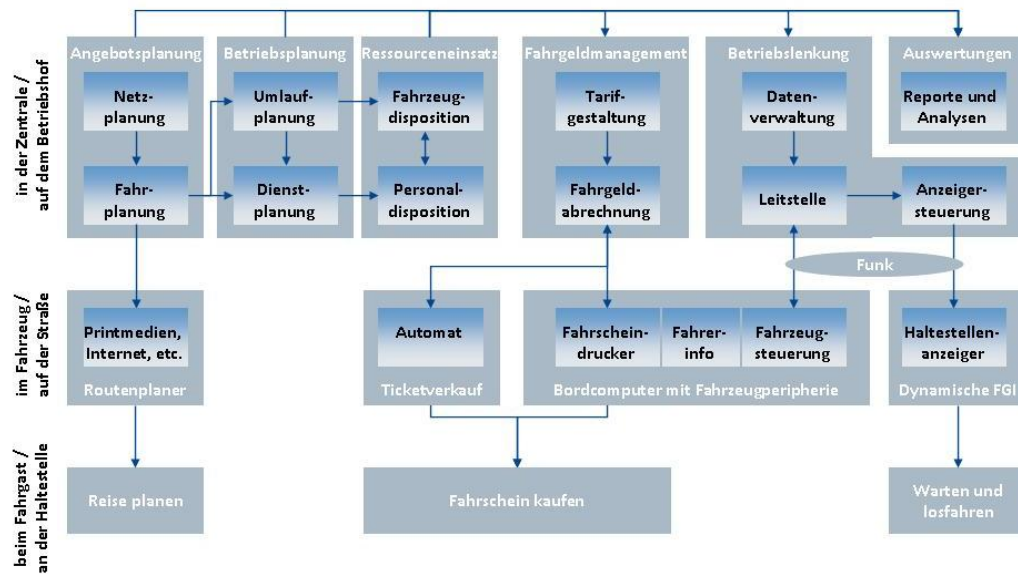


Bild 1: Systeme des ITVU-Modells: Übersicht

Eine detailliertere Modellierung der IT-Systeme eines Verkehrsunternehmens zeigt Bild 2. Hier sind die typischen Systeme genauer aufgelöst und ihre Verbindung über Datenflüsse dargestellt. Die Bezeichnung der Systeme erfolgt durch englische Kurznamen, die aus zwei Teilen zusammengesetzt sind, um Gruppenzugehörigkeiten anzudeuten. Besonders wichtige Datenflüsse sind hervorgehoben. Die durch die Pfeile angezeigte Richtung der Datenflüsse markiert die Richtung, in der die für die Geschäftsprozesse wesentlichen Daten übergeben werden. In vielen Fällen gibt es in der Praxis Quittungs- und Kontrollinformationen, die in Gegenrichtung übertragen werden, hier aber der Übersichtlichkeit halber weggelassen wurden.

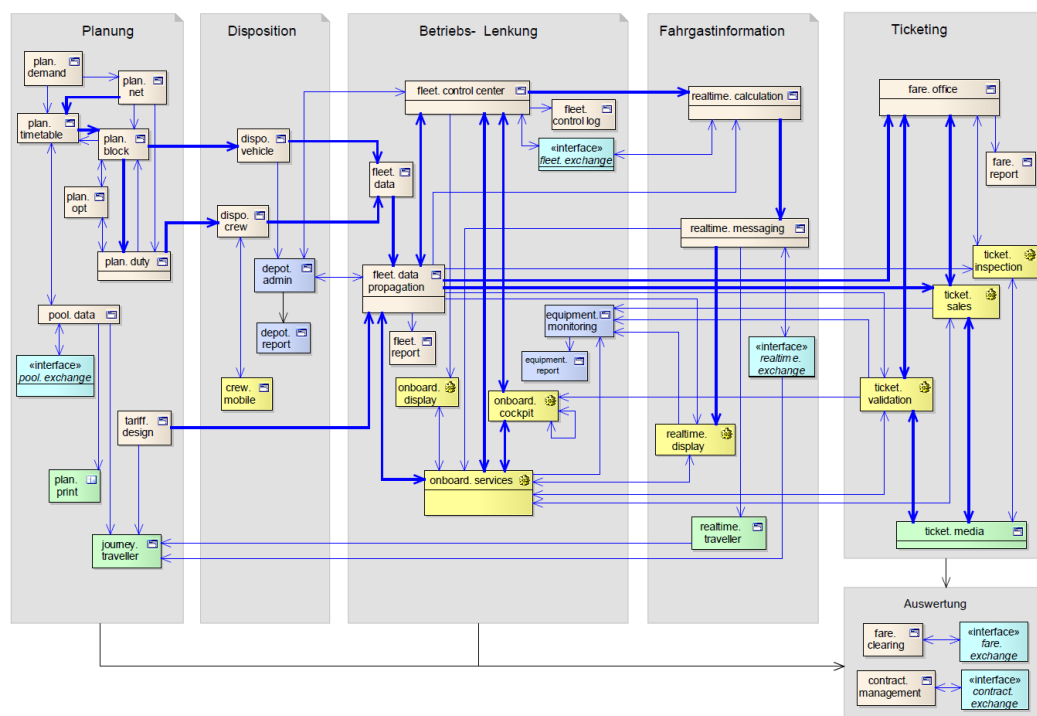


Bild 2: Systeme des ITVU-Modells mit Datenflüssen

Die insgesamt 42 IT-Systeme des ITVU-Modells sind durch Anwendungssteckbriefe beschrieben. Diese enthalten

- eine Kurzbeschreibung der Funktionen jeder Anwendung
- eine Übersicht über die Datenflüsse, über die die Anwendung mit anderen Anwendungen des Modells vernetzt ist
- eine Auflistung der Nutzer (Akteure) in Form von Rollen

Im Folgenden geben wir beispielhaft die Anwendungssteckbriefe der Systeme zur Fahrplanung („plan.timetable“) und zur Umlaufplanung („plan.block“) wieder, die wechselseitig über Datenflüsse verbunden sind.

Name	plan.timetable
Bezeichnung	Fahrplanung
Art	zentral
Nutzer	Fahrplaner
Funktionen	Beschreibung von Fahrwegen Definition von Linien Erfassen von Fahrzeitprofilen je Strecke und Tageszeit Festlegung von Fahrten, Zuordnung von Fahrzeugtypen Verwendung variabler Gültigkeitsmuster (Fahrplanperiode, Tagesart, einzelner Kalendertag) Zuordnung von Aspekten (Regelverkehr, Baustelle, Schülerverkehr, Werksverkehr) zu Fahrten Definition von Anschlüssen
Datenflüsse	→ plan.block Menge der Fahrten → pool.data Menge der Fahrten zur Abstimmung mit Verbundpartnern und zur Erstellung von Druckerzeugnissen → contract.management Fahrplandaten verbindliche Anschlüsse

Name	plan.block
Bezeichnung	Umlaufplanung
Art	zentral
Nutzer	Fahrplaner, Umlaufplaner
Funktionen	Bildung von Umläufen Berücksichtigung von trennbaren Fahrzeugverbänden Berücksichtigung von Wartungszyklen Verkettung von Umläufen über Tages(art)folgen hinweg Druck von Umlauflisten

Datenflüsse	→ plan.duty Umläufe, Umlaufketten Fahrzeugtyp-Anforderungen (wegen der Fahrerqualifikation) → plan.timetable Vorschläge zur Umwidmung technisch notwendiger Betriebsfahrten zu Fahrgastfahrten → plan.opt Ausgangsversion von manuell zusammengestellten Umläufen oder die Menge aller Fahrten Angaben zur Kompatibilität von Fahrzeugtypen → dispo.vehicle freigegebene Umläufe resultierende Anforderungen an Fahrzeugtypen
-------------	---

Zur Charakterisierung der Akteure (Nutzer) definiert das Modell insgesamt folgende sechzehn Rollen und beschreibt diese durch Tätigkeitsprofile:

Verkehrsplaner	Tarifplaner
Netzplaner	Fahrer
Fahrplaner	Servicetechniker
Umlaufplaner	Kontrolleur
Dienstplaner	Buchhalter
Personaldisponent	DFI-Disponent
Fahrzeugdisponent	Qualitätsmanager
Fleetmanager (Leitstellendisponent)	Fahrgast

Im Folgenden geben wir beispielhaft das Tätigkeitsprofil für die Rolle „Fahrplaner“ wieder:

- „Der **Fahrplaner** realisiert den Verkehrsbedarf auf dem zuvor erstellten Netz. Oftmals sind die Rollen von Netz- und Fahrplaner nicht getrennt, da beide Tätigkeiten eng miteinander verwandt sind. Der Fahrplaner definiert die Fahrten für jede Linie (Taktdichte und genaue Zeiten) und berücksichtigt dabei Anschlussbeziehungen. Er legt den einzusetzenden Fahrzeugtyp fest und beachtet Einschränkungen, die sich aus der Streckenführung ergeben können. Zusätzlich gibt er erforderliche Sonderausstattungen vor, wie etwa einen behindertengerechten Einstieg. Die Netz- und Fahrplanung können Aufgabe des Verkehrsunternehmens sein oder im Verkehrsvertrag fest vorgegeben werden, je nachdem, wie differenziert der Aufgabenträger die zu erbringende Verkehrsleistung vorgibt.“

Das ITVU-Modell betrachtet generelle Unternehmens-Geschäftsprozesse wie z.B. allgemeine Buchhaltung oder Personalwirtschaft zwar nicht im Detail, beschreibt jedoch wichtige Schnittstellen aus Sicht der Kernprozesse. Beispielsweise existiert aus dem Ticketing heraus eine Schnittstelle zur Buchhaltung für die Weiterverarbeitung der Fahrgeldeinnahmen, und es gibt eine Schnittstelle zwischen der Personaldisposition und der Personalwirtschaft und Lohnbuchhaltung.

3 Klassenmodell

Das übergreifende Klassenmodell ist die Grundlage für die Modellierung aller Prozesse bzw. Anwendungen des ITVU Modells. Eine bestimmte Anwendung benutzt in der Regel einen ihr zugeordneten Teilbereich des Klassenmodells. Durch die ganzheitliche Modellierung ist damit gleichzeitig die Struktur der Schnittstellen zwischen den verschiedenen Anwendungen gegeben.

Das Klassenmodell enthält ca. 230 Klassen, die in 28 Paketen gruppiert sind. Die Pakete sind wiederum zu 9 Funktionsbereichen zusammengefasst.

Bild 3 zeigt die Struktur der Funktionsbereiche und Pakete

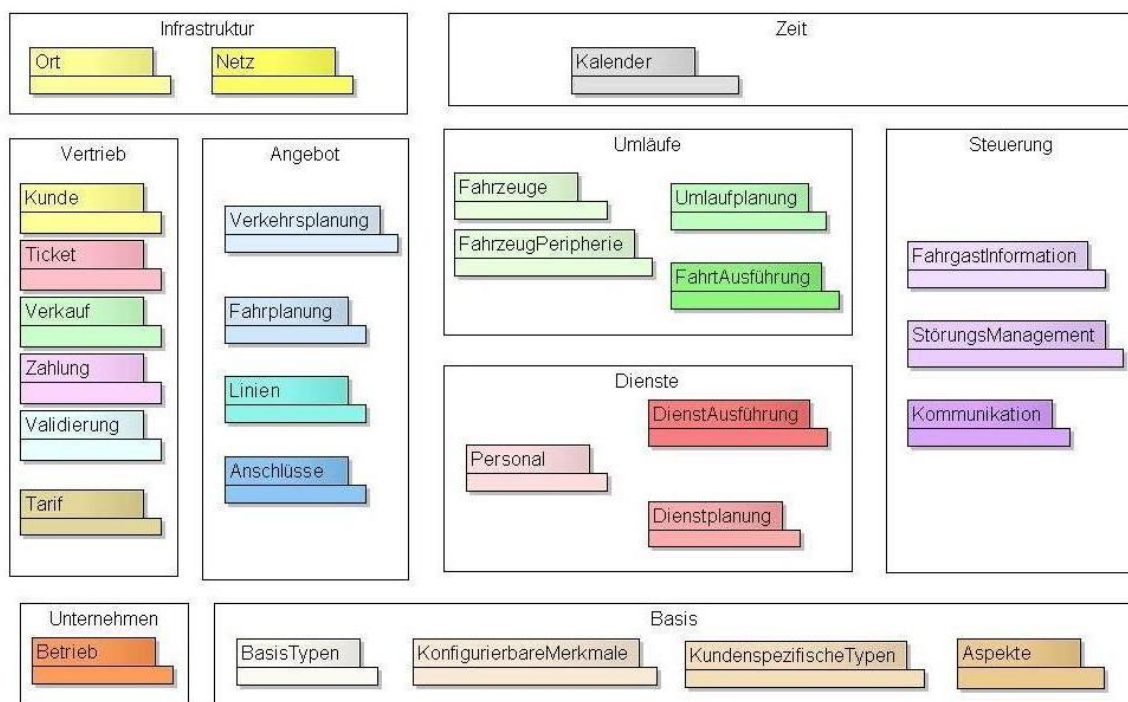


Bild 3: Funktionsbereiche und Pakete des ITVU-Klassenmodells

Die Funktionsbereiche des Modells sind im Folgenden kurz charakterisiert:

Zeit enthält die Tage, an denen Verkehrsleistungen angeboten werden sollen. Die Tage des natürlichen Kalenders werden dazu in verschiedene Kategorien eingeteilt, auf die man sich bei der Planung beziehen kann.

Unternehmen beschreibt die Organisationsstruktur des Verkehrsunternehmens, z. B. die Abgrenzung von Teilbetrieben. Außerdem findet man hier Regeln, Vorgaben und Parametersätze, die auf die Planung und Disposition einwirken.

Basis ist eine Sammlung von Paketen, die in ähnlicher Form auch in anderen Branchenmodellen vorkommen würden: Es gibt hier technische Basistypen (Uhrzeit, Währung), einen Mechanismus zur Definition konfigurierbarer Merkmale und eine Sammlung kunden-spezifischer (Geräte-)Typen. Hier würde auch die Modellierung von Mandanten, Benutzern und Rechten hingehören – dieses Thema haben wir im Modell weggelassen, da es stark mit

der Konstruktion konkreter Systeme zu tun hat. In der Basis befindet sich außerdem ein Paket zur Unterstützung von „Planungsaspekten“, einem speziellen Konzept zur Behandlung von situationsbezogenen Fahrplanvarianten, z.B. für Ferienzeiten, Baustellen, Großveranstaltungen...

Die **Infrastruktur** befasst sich mit geografischen Orten (Haltestellen, Betriebshöfe, technische Betriebspunkte, Wendeanlagen) und mit dem Netz, d.h. mit den Strecken, die die Orte miteinander verbinden. Zu den Strecken gehören spezifische Fahrzeitprofile.

Im **Vertrieb** geht es um die Sicht des Fahrgasts und um die Preisgestaltung („Tarifmodell“). Während im Kern des Modells die Innensicht des Verkehrsunternehmens auf die Beförderungsleistung dominiert („Produktionsperspektive“), konzentrieren wir uns hier auf die Planung und Durchführung einer Reise, die aus der Benutzung verschiedener Verkehrsmittel bestehen kann.

Das **Angebot** eines Verkehrsunternehmens besteht darin, zu festgelegten Zeiten entlang eines definierten Fahrwegs eine bestimmte Beförderungskapazität zur Verfügung zu stellen. Das Beförderungsangebot beruht auf einer Bedarfsanalyse (Verkehrsplanung) und definiert einen Fahrplan, der Verkehrszeiten und Takte für bestimmte Linien vorgibt. Für umsteigende Fahrgäste werden in der Planung die Linien über festgelegte Anschlüsse miteinander „verzahnt“.

Umläufe beschreiben die Bewegung der Fahrzeuge, während diese die Beförderungsleistung erbringen („Nutzfahrt“) oder auch während der Fahrt zum/vom Einsatzort („Leerfahrt“, „Betriebsfahrt“). Zum Funktionsbereich Umläufe zählen wir einerseits die Planung und andererseits die eigentliche Durchführung der Fahrten. In der Planung abstrahiert man sowohl vom konkreten Fahrzeug als auch vom konkreten Kalendertag, indem man sich auf Fahrzeugtypen und bestimmte Arten von Tagen bezieht (z. B. *werktags*). Bei der Durchführung geht es dann um konkrete Kalendertage, und aus dem planerischen Platzhalter für ein Fahrzeug bestimmten Typs wird ein konkretes Fahrzeug. Der Funktionsbereich Umläufe enthält ferner Pakete, in denen die Fahrzeuge (bzw. die Fahrzeugtypen) und deren Ausstattung beschrieben werden.

Dienste sind das Gegenstück zu den Umläufen. Sie werden von Mitarbeitern geleistet, hauptsächlich in ihrer Rolle als Führer von Fahrzeugen. Auch hier geht es einerseits um die Planung und andererseits um die Durchführung der Dienste. Analog zu den Umläufen wird auch hier bei der *Planung* abstrahiert: sie kümmert sich nicht um konkrete Tage oder einzelne Mitarbeiter, sondern um Tagesarten und Mitarbeitertypen. Ein besonders wichtiger Punkt ist die Berücksichtigung angemessener Erholungszeiten innerhalb des Dienstes (Lenkzeitregeln). Außerdem ist wichtig, die Reihenfolge der Dienste eines Mitarbeiters so zu wählen, dass die Erholungszeiten zwischen den Schichten (früh, mittel, spät, nachts) ausreichen.

An der Nahtstelle zwischen Mensch und Fahrzeug gibt es zwei Klassen im Modell, die die Einheit von Fahrer und Fahrzeug beschreiben. Gemeint sind die Klasse *FahrDienstElement* im Paket *Dienstplanung* und die Klasse *FahrDienstElementX* im Paket *DienstAusführung*. Erstere bezieht sich auf die Planung, letztere auf die Durchführung. Diese beiden Klassen erfassen genau den Zeitraum, in dem ein Fahrer ein Fahrzeug ununterbrochen führen soll

bzw. tatsächlich führt. Wir haben die beiden Klassen etwas willkürlich im Funktionsbereich *Dienste* angesiedelt: Von ihrem Wesen her stehen sie genau an der Nahtstelle zwischen den Funktionsbereichen *Umläufe* und *Dienste* (siehe auch Bild 4 weiter unten).

Die **Steuerung** enthält Pakete, die dazu dienen, Störungen im Betriebsablauf zu erkennen, die Fahrgäste darüber zu informieren und Gegenmaßnahmen durchzuführen. Da hierbei die Kommunikationstechnik eine wichtige Rolle spielt, wird sie zusammen mit diesen fachlichen Komponenten beschrieben.

Zwischen den Klassen bzw. Paketen existiert eine Vielzahl von Beziehungen, die im UML-Klassenmodell systematisch abgebildet sind. Eine grafische Darstellung aller Klassen und Beziehungen ist aufgrund der hohen Anzahl hier nicht sinnvoll in einer Abbildung möglich. Als Auszug sind die wichtigsten Klassen und ihre Beziehungen im sogenannten „Kernmodell“ zusammengefasst, siehe Bild 4.

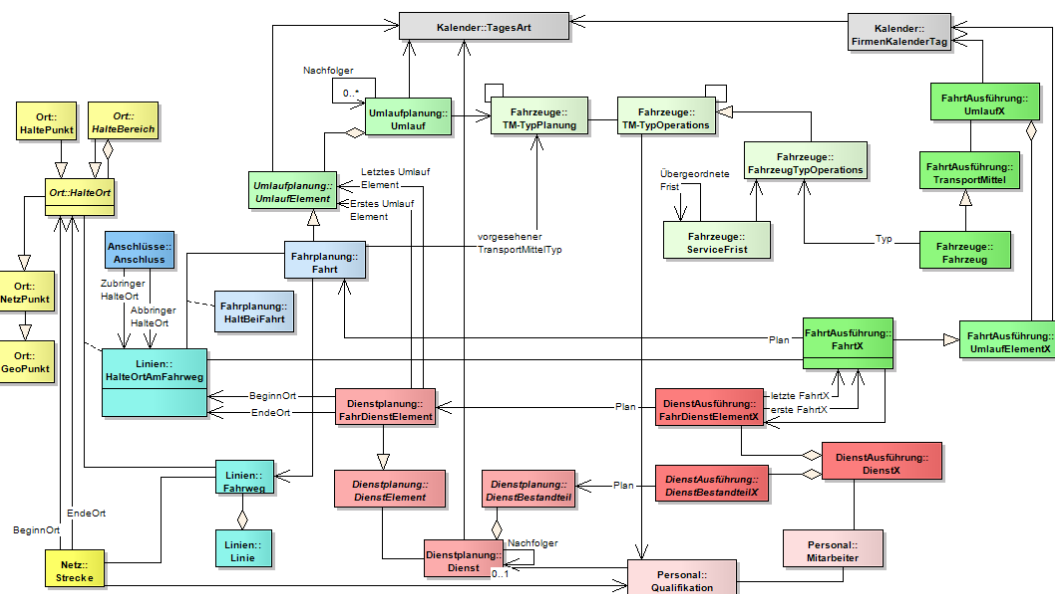


Bild 4: Kernmodell

Bild 5 zeigt beispielhaft vergrößert einen kleinen Ausschnitt aus dem Gesamt-Modell, der die Beziehung zwischen Linien, Fahrwegen, Strecken und Orten beschreibt. Betroffen sind hier Klassen aus zwei Funktionsbereichen (Infrastruktur, Angebot) und drei Paketen (Ort, Netz, Linien).

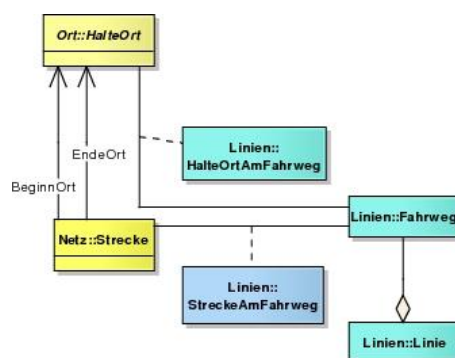


Bild 5: Teilmodell: Linien, Fahrwege, Strecken, Orte

An diesem einfachen Beispiel soll erläutert werden, wie das Modell zu lesen ist, und welche Überlegungen zu konkreten Modellierungen geführt haben:

Wir bezeichnen jede Variante einer *Linie* als *Fahrweg*; die Linie selbst fasst alle *Fahrwege* zusammen, die die Fahrzeuge der Linie benutzen (Aggregation). Der *Fahrweg* ist eine geordnete Folge von *HalteOrten*.

Im Modell finden wir eine Beziehung zwischen *HalteOrt* und *Fahrweg*. Da ein *HalteOrt* in vielen *Fahrwegen* vorkommen kann und ein *Fahrweg* – abgesehen von reinen Pendelverkehren – immer aus mehreren *HalteOrten* besteht, handelt es sich um eine m:n-Beziehung. Wir beschreiben diese Beziehung näher in der Klasse *HalteOrtAmFahrweg*. Dort wird insbesondere die Reihenfolge der *HalteOrte* hinterlegt. Durch diese Art der Modellierung können wir auch den in der Praxis durchaus auftretenden Sonderfall abbilden, dass ein Fahrzeug während einer Fahrt zweimal denselben *HalteOrt* anfährt.

Anstatt einen *Fahrweg* durch eine Folge von *HalteOrten* zu beschreiben, kann man ihn auch durch die Reihenfolge der benutzten *Strecken* definieren. Diese Art ist sogar noch präziser, da es zwischen denselben *HalteOrten* mitunter mehrere Streckenführungen gibt; bei reiner Betrachtung der Orte weiß man in solchen Fällen nicht, welche Strecke benutzt werden soll. Im Gesamtmodell verwenden wir die Beziehungsklasse *StreckeAmFahrweg* für die Darstellung der Streckenfolge (vgl. Bild 5). Im Kernmodell (Bild 4) haben wir uns zeichnerisch auf eine Linie zwischen *Fahrweg* und *Strecke* beschränkt.

4 Modellierung- und Dokumentations-Methodik

Das gesamte ITVU-Modell ist in UML 2 beschrieben [14].

Funktionsbereiche sowie Pakete sind im Sinne der UML als „Pakete“ (hierarchisch geschachtelt) modelliert. Alle Klassen des Modells sind jeweils beschrieben mit

- Name
- wichtigen Attributen
- Beziehungen zu anderen Klassen/Paketen
- Methoden (Funktionen)
- textueller Erläuterung

Zur Darstellung der Klassen und Pakete sowie ihrer Beziehungen werden die in Bild 6 gezeigten Elemente der UML benutzt.

Die Darstellung des Modells erfolgt als UML-Klassendiagramm. Hierbei wird unterschieden zwischen dem Gesamtmodell und den Teilmodellen.

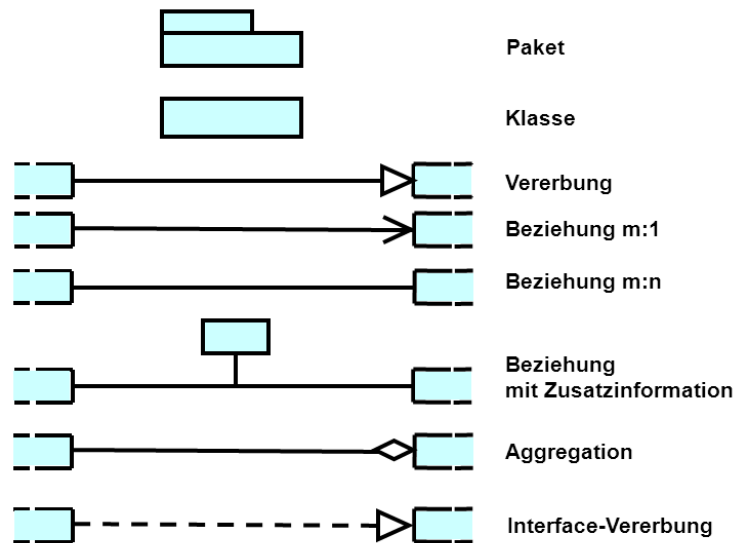


Bild 6: Symbolik der Klassendiagramme

Zum Gesamtmodell gehören folgende grafische Darstellungen:

- **Paketübersicht:** alle Pakete, jeweils mit Name und Liste der Klassen; optische Anordnung nach Modellbereichen
- **Kernmodell:** die wichtigsten Klassen (ca. 35) und ihre Beziehungen (ca. 50)
- **Hauptmodell:** ca. 85 Klassen (incl. Attribute, Funktionen, Legende) und deren Beziehungen; die restlichen Klassen sind pauschal als Pakete aufgelistet; das Kernmodell ist im Hauptmodell enthalten.
- **Kompaktmodell:** gleicher Umfang wie das Hauptmodell, jedoch wird von jeder Klasse nur der Name angezeigt

Teilmodelle beschreiben jeweils die Klassen eines Pakets. Zusätzlich enthalten sie diejenigen Klassen anderer Pakete, zu denen irgendeine Klasse des betreffenden Pakets eine direkte Beziehung hat.

Als Modellierungswerkzeug für das ITVU-Modell wurde „Enterprise Architect“ eingesetzt.

Die vollständige Dokumentation des Modells mit ausführlichen Erläuterungen ist im Buchhandel erhältlich [13].

5 Literatur

- [1] Borndörfer, Ralf; Löbel, Andreas; Weider, Steffen (2002): Integrierte Umlauf- und Dienstplanung im Öffentlichen Verkehr. Seiten 77-98 in: Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen: Heureka'02: Optimierung in Verkehr und Transport. Köln.
- [2] Brauer, K. (1986): Informationswesen der Verkehrsbetriebe. Duncker + Humblot, Berlin.
- [3] Becker, G.(Hrsg.) (1994): Einsatz neuer Informations- und Leitsysteme in Verkehr, Prozessführung, Fertigung. 3. Internationaler Workshop Leitwarten, Köln.

- [4] Dobeschinsky, Harry (1991): Automatisierte verkehrsträgerübergreifende Informationssysteme: ein Beitrag zur Verbesserung der Fahrgastinformation im öffentlichen Verkehr. Diss. Uni Stuttgart.
- [5] Ferchland, Christian (1998): Interaktive Fahrplanerstellung für den intermodalen ÖPV mit Methoden der Netzplantechnik. Diss. Univ. d. Bundeswehr München.
- [6] Grüneberg, Ulrich (1993): Betriebsplanung zwischen Erfahrungswissen und EDV: menschengerechte Gestaltung der Fahr- und Dienstplanung im ÖPNV. 3. Auflage. Montania-Druck- und Verlagsgesellschaft, Dortmund.
- [7] Höfinger, Petra (2009): Qualitätsmonitoring im ÖPNV zur Angebotsverbesserung: Eine Methode zur kontinuierlichen Steigerung der Kundenzufriedenheit für Verkehrsunternehmen. VDM-Verlag Dr. Müller, Saarbrücken.
- [8] IVU.suite, siehe <http://www.ivu.de/produkte-und-loesungen/busse-und-bahnen.html>
- [9] Kopelsky, Sebastian (2010): Preisbildung im Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV). GRIN Verlag GmbH, München.
- [10] Ott, Matthias (2008): Controlling-Instrumente in Unternehmen des Öffentlichen Personennahverkehrs unter besonderer Berücksichtigung des Linien Erfolgscontrollings. Diplomica-Verlag, Hamburg.
- [11] Richard, Ludwig (2007): Einnahmenaufteilung im öffentlichen Personennah- und Regionalverkehr. Sierke, Göttingen.
- [12] Rüger, Siegfried (1986): Transporttechnologie städtischer öffentlicher Personenverkehr. Transpress, Berlin.
- [13] Scholz, G. (2011): IT-Systeme für Verkehrsunternehmen, UML-Modellierung von Geschäftsprozessen und Daten im öffentlichen Personenverkehr, dpunkt.verlag Heidelberg.
- [14] Seemann, Jochen; von Gudenberg, Wolff (2006): Software-Entwurf mit UML 2. Springer, Berlin.
- [15] SIRI Technical Specification (2006): Public transport - Service interface for real-time information relating to public transport operations - Parts 1/2/3: prCEN/TS 15531-1, prCEN/TS 15531-2, prCEN/TS 15531-3, CEN EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, Brüssel.
- [16] Transmodel (2001): The European Reference Data Model for Public Transport V5.0, revised ENV 12896, CEN EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, TC278/WG3, Brüssel.
- [17] VDV-Schriften 450, 452, 455, 453, 454, 423, 730
Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), Köln.
- [18] Wittowsky, Dirk (2008): Dynamische Informationsdienste im ÖPNV: Nutzerakzeptanz und Modellierung. Diss. Uni Karlsruhe.